



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 100 30 372 C 2

51 Int. Cl.⁷:
H 04 R 25/00
H 04 R 17/00
H 04 R 7/02
A 61 F 2/18

21 Aktenzeichen: 100 30 372.2-35
22 Anmeldetag: 16. 6. 2000
43 Offenlegungstag: 17. 1. 2002
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 25. 4. 2002

DE 100 30 372 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Technische Universität Dresden, 01069 Dresden, DE

61 Zusatz in: 101 63 513.3

72 Erfinder:
Hüttenbrink, Karl-Bernd, Prof. Dr.med.habil., 01326
Dresden, DE; Hofmann, Gert, Prof. Dr.-Ing., 01465
Langebrück, DE; Zahnert, Thomas, Dr.med., 01326
Dresden, DE; Bornitz, Matthias, Dipl.-Ing., 01157
Dresden, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

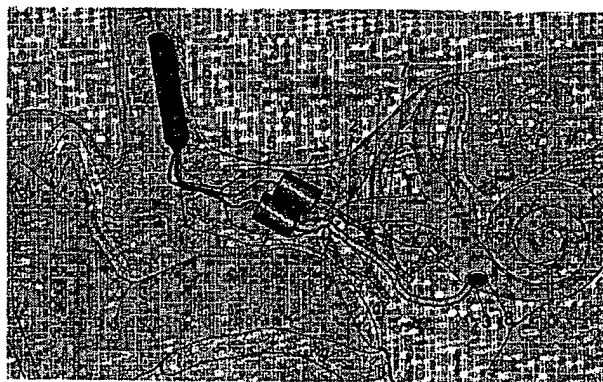
DE	40 26 766 A1
DE	39 18 329 A1
US	54 11 467 A
US	51 76 620 A

H.P.Zenner, H.Laysieffer: "Aktive elektronische
Hörimplantate für Mittel- und
Innenohrschwerhörige
- eine neue Ära der Ohrchirurgie, Teil 1: Grund-
prinzipien und Nomenklaturvorschlag". In HNO 10
(1997), .749-757;
Audiol. Akust. 31 (1992) S.144-165;

54 Implantierbarer hydroakustischer Wandler

57 Die Erfindung betrifft einen implantierbaren hydroaku-
stischen Wandler zum Empfangen von Nutzschall und zur
Umwandlung in elektrische Signale, zum Einsatz als Mi-
krofon für ein implantierbares Hörgerät oder ein Cochlea
Implantat, bei dem

- a) der Wandler aus einem Hohlvolumen (1) besteht, an
das ein flexibler Schlauch (2) mit einer formstabilen Hülle
angeschlossen ist, dessen freies Ende von einer ausge-
bauchten Membran (3) abgeschlossen ist,
- b) die Hohlvolumina von hydroelektrischem Wandler (1),
Schlauch (2) und ausgebauchter Membran (3) mit einer
Flüssigkeit, die Membran prall ausbauchend, gefüllt sind
- c) und die ausgebauchte Membran an das Trommelfell,
ein Gehörknöchelchen oder die runde Fenstermembran
zum Empfangen von Nutzschall ankoppelbar ist.



DE 100 30 372 C 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen implantierbaren hydroakustischen Wandler nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Nach dem Stand der Technik können implantierbare Hörgeräte in teilimplantierbare oder vollständig implantierbare Hörgeräte unterteilt werden. Bei einem teilimplantierbaren Hörgerät wird nur ein elektromechanischer Wandler implantiert. Mikrofon, Stromversorgung und Signalverarbeitung verbleiben außerhalb des Körpers, beispielsweise hinter dem Ohr zu tragen, und sind durch die intakte Haut über eine Funkübertragung mit dem Implantat verbunden. Bei einem vollständig implantierbaren Hörgerät sind auch Mikrofon, eine von außen aufladbare Batterie und die Signalverarbeitung in den Ohrbereich operativ eingepflanzt.

[0003] Aus der DE 39 18 329 A1 ist ein Hörgerät zur elektrischen Reizung des Innenohres über eine implantierbare Reizelektrodenanordnung, mit einer aus einer Energieversorgung gespeisten externen Signalverarbeitungselektronik zum Umsetzen von Mikrofonsignalen in für die Innenohrreizung geeignete Ausgangssignale bekannt. Bei diesem Hörgerät sind die Signalverarbeitungselektronik, ein Mikrofon und die Energieversorgung in einem hinter dem Ohr zu tragenden Gehäuse untergebracht. Bei dem Mikrofon handelt es sich um ein nichtimplantierbares herkömmliches Mikrofon, das hinter dem Ohr getragen wird. Mit dieser Lösung ist eine vollständige Implantation des Hörgerätes nicht möglich.

[0004] Aus der DE 40 26 766 A1 ist ein elektromagnetisches, auf das Mittelohr einwirkendes Hörgerät für eine schallinduzierte Übertragung elektromagnetischer Signale an das Mittelohr bekannt. Mikrofon, Verstärker, Stromversorgung, und Ausgangswandler sind hinter dem Ohr zu tragen. Eine zum Ausgangswandler zugehörige Vibrationseinrichtung wird zwischen Trommelfell und Hammergriff implantiert. Diese Vibrationseinrichtung ist ein Permanentmagnet mit vorgegebener Polarisierung.

[0005] Aus der US 5,411,467 ist ein implantierbares Hörgerät bekannt geworden, bei dem Mikrofon, Verstärker, Wandler und Stromversorgung implantierbar sind. Der Wandler weist einen piezoelektrischen Erreger auf, an dessen Volumen ein Schläuchlein angekoppelt ist, dessen Ende von einer Membran plan abgeschlossen ist. Dieses Ende wird durch die Membran im runden Fenster geführt, so daß die Membran des Wandlers mit der Flüssigkeit des Innenohres in Kontakt steht. Die Membran dient zur Verhinderung des Austausches der beiden Flüssigkeiten (Flüssigkeit im Schläuchlein und Flüssigkeit im Innenohr).

[0006] Das Mikrofon ist bei den vorgestellten Varianten ein Luftschall-Mikrofon, das den Schall über einen eigenen Schlauch aus dem Paukenraum beziehen kann.

[0007] Nachteilig sind:

- daß die mit dem Luftschallmikrofon empfangenen Signale hinter dem Trommelfell nur von geringer Stärke sind.
- daß durch Sekrete Verstopfungsgefahr für den Schlauch besteht.
- daß für den Wandler die Membran im runden Fenster geöffnet werden muß (Ertaubungsgefahr).

[0008] Aus der US 5,176,620 ist ebenfalls ein implantierbares Hörgerät bekannt, dessen Wandler mit seinem Schlauch an alle möglichen Stellen im Innenohr ankoppelbar ist. Das Mikrofon ist hier ebenfalls ein Luftschallmikrofon.

[0009] Aus der Druckschrift H. P. Zenner, H. Leysieffer, "Aktive elektronische Hörimplantate für Mittel- und Innenohrschwerhörige - eine neue Ära der Ohrchirurgie, Teil 1: Grundprinzipien und Nomenklaturvorschlag". HNO 10 (1997), Seiten 749-757 ist ein elektromagnetischer Wandler mit hydrodynamischer Ankopplung nach einem Vorschlag von Hudde und Hüttenbrink bekannt geworden.

[0010] In K.-B. Hüttenbrink, "Implantierbare Hörgeräte für hochgradige Schwerhörigkeit", HNO 10/97, Seiten 742-744 und in H. Hudde, B. Gewert, K.-B. Hüttenbrink: "Zukünftige Möglichkeiten aktiver Mittelohrimplantate." Audiol. Akust. 31 (1992) Seiten 144-165 wird der direkte Antrieb der Innenohrflüssigkeit durch einen Vibrator beschrieben. Ein elektrodynamischer Wandler wird in der Mastoidhöhle oder in der Temporalisgabel positioniert und über ein wassergefülltes Schläuchlein werden die Vibrationen an die Membran des runden Fensters hydroakustisch übertragen. Diese hydroakustische Übertragung hat den Vorteil, daß der Wandler technisch optimal ohne Rücksicht auf die enge Mittelohranatomie und die Ausrichtung zum Innenohr gestaltet und positioniert werden kann. Auch der Ort der Einspeisung in das Innenohr kann hierdurch frei gewählt werden.

[0011] Für problematisch wird die Einspeisung der Wandlerenergie in die Ossikelkette angesehen. Es scheint nur die Einspeisung in die Membran des runden Fensters möglich. Dazu wurde ein Säckchen am Ende des Schlauches der Nische im runden Fenster angepaßt, so daß praktisch verlustfrei die Schwingungen auf die Perilymphe übertragen werden können.

[0012] Eine Ausgestaltung eines vollständig integrierbaren Mikrofons geht aus der Druckschrift nicht hervor.

[0013] Die Aufgabe der Erfindung besteht nun darin, den eingangs genannten Wandler mit Schlauch für ein vollständig integrierbares Hörgerät als Mikrofon nutzbar zu machen, das der Mittelohranatomie und den vorliegenden Defekten nahezu beliebig anpaßbar ist.

[0014] Die Aufgabe wird in Verbindung mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen dadurch gelöst, daß das von hydroelektrischem Wandler, Schlauch und Membran gebildete Hohlvolumen mit einer Flüssigkeit so gefüllt ist, daß die Membran prall ausgebaucht ist.

[0015] Je nach vorliegenden Defekten kann die Membran an ein beliebiges intaktes Gehörknöchelchen angekoppelt werden. Vorzugsweise erfolgt die Ankopplung an den mit dem Trommelfell-Hammer verbundenen Amboß.

[0016] Durch die Ankopplung an ein Gehörknöchelchen wird im Gegensatz zur Aufnahme von Luftschall aus dem Paukenraum ein kraftmäßig verstärktes Signal aufgenommen, das von der Membran und der Flüssigkeit des hydroelektrischen Wandlers in ausreichend starke hydrodynamische Wellen umgeformt werden kann. Die weitere Signalverarbeitung kann dann in üblicher Weise erfolgen.

[0017] Damit die Ankopplung und Signalabnahme ohne störende Einflüsse erfolgen kann, weist die ausgebauchte Membran eine vom Schlauchende zur Spitze abnehmende Dicke auf. Dadurch paßt sich der Bereich der Spitze ideal der Form des Gehörknöchelchens an und die Schwingungen können auf die Flüssigkeit im Schlauch übertragen werden. Die zum Schlauchende zunehmende Verdickung der Membran stabilisiert die Form, womit mit Verlust verbundene seitlich wirkende Schwingungen minimiert werden.

[0018] Die Lage der Ausbauchung richtet sich nach dem Ankopplungsort. So ist es vorteilhaft die Ausbauchung der Membran in axialer Richtung zum Schlauchende verlaufen zu lassen oder senkrecht zum Schlauchende stehend vorzusehen.

[0019] Die Membran wird vorzugsweise aus Silikon ge-

fertigt, wodurch eine ausreichend hohe Elastizität erreicht wird.

[0020] Zur Erhaltung einer prallen Ausbauchung der Membran wird eine Flüssigkeit eingesetzt, die einen geringfügig höheren osmotischen Druck gegenüber dem umliegenden Gewebe oder der gesättigten Luft in der Paukenhöhle aufweist, so daß sich ein Druckgradient von der Umgebung zur Flüssigkeit einstellt. Damit bleibt ein geringer vorhandener Druck stabil bestehen, wodurch die Ankopplung in ihrer Qualität nicht vermindert wird.

[0021] Die verwendeten Flüssigkeiten müssen niedrigviskos und biokompatibel sein (z. B. Kochsalzlösungen oder Alkohol).

[0022] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des hydroakustischen Wandlers weist dieser ein Hohlvolumen auf, an das ein flexibler Schlauch mit einer formstabilen Hülle angeschlossen ist, dessen freies Ende von einer ausgebauchten Membran abgeschlossen ist, wobei die Hohlvolumina von Wandler, Schlauch und ausgebauchter Membran mit einer Flüssigkeit die Membran aufprallend gefüllt sind, und die ausgebauchte Membran an ein Gehörknöchelchen oder das Trommelfell ankoppelbar ist.

[0023] Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Ankopplung des Wandlers ohne weitere Zerstörung des Gehörknöchelchenapparates einschließlich der Cochlea und somit ohne Hörverlust möglich ist. Es erfolgt keine harte Ankopplung, die einen Knochenumbau prozeß bewirken kann, sondern eine weiche Ankopplung durch die ausgebauchte Membran und die Füllung mit einer Flüssigkeit.

[0024] Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

[0025] Fig. 1 einen Querschnitt des Innenohrbereiches mit implantierten erfindungsgemäßen Wandler

[0026] Fig. 2 ein Schlauchende mit einer Ausbauchung der Membran in senkrechter Richtung

[0027] Fig. 3 ein Schlauchende mit einer Ausbauchung der Membran in axialer Richtung.

[0028] In Fig. 1 ist ein Querschnitt durch das Hörorgan dargestellt. In der Mastoidhöhle sind ein Wandler 1 für ein Mikrofon, ein weiterer Wandler als Aktuator 5 und ein Verstärker 6 untergebracht. Das eigentliche Mikrofon wird von dem Wandler 1, einem damit verbundenen Schlauch 2 und einer am Schlauchende vorgesehenen ausgebauchten Membran 3 gebildet. Die Membran 3 ist hier vorzugsweise an den Amboß 7 angekoppelt.

[0029] Der Wandler 1 des Mikrofons ist elektrisch mit einem Verstärker 6 verbunden. Daran angeschlossen ist ein weiterer Wandler 5, der zur Umwandlung der verstärkten elektrischen Signale in hydrodynamische Signale ausgebildet ist. An ein im Wandler 5 vorhandenes mit einer Flüssigkeit füllbares Volumen ist ein Schlauch 2 angeschlossen. Das freie Ende des Schlauches 2 ist von einer ausgebauchten Membran 3 abgeschlossen. Die Membran 3 ist an das runde Fenster 8 angekoppelt.

[0030] In der Fig. 2 ist das Ende des Schlauches 2 mit Membran 3 dargestellt. Die Ausbauchung der Membran 3 ist hier senkrecht zur Schlauchachse angeordnet, so daß sich ein pfeifenkopfähnliches Gebilde ergibt. Mit dieser Ausbildung ist die Ankopplung des Mikrofons an den Amboß 7 in relativ einfacher Weise möglich. Der Schlauch verläuft in nahezu gestreckter Form auf den Amboß zu.

[0031] Fig. 3 zeigt eine Ausbildung der Membran 3, bei der die Ausbauchung in Richtung der Schlauchachse verläuft. Dargestellt ist weiterhin die Form der Membran, die durch eine abnehmende Dicke vom Ende des Schlauches zur Spitze der Membran 4 gekennzeichnet ist.

Bezugszeichenliste

- 1 Wandler als Mikrofon (hydroakustisches Signal → elektrisches Signal)
- 2 Schlauch
- 3 ausgebauchte Membran
- 4 Berührungspunkt der Membran
- 5 Wandler als Aktuator (elektrisches Signal → hydroakustisches Signal)
- 6 Verstärker und elektronische Signalverarbeitung
- 7 Amboß
- 8 Membran am runden Fenster

Patentansprüche

1. Implantierbarer hydroakustischer Wandler zum Empfangen von Nutzschall und zur Umwandlung in elektrische Signale, zum Einsatz als Mikrofon für ein implantierbares Hörgerät oder ein Cochlea Implantat, bestehend aus einem Wandler mit einem Hohlvolumen (1), an das ein flexibler Schlauch (2) mit einer formstabilen Hülle angeschlossen ist, dessen freies Ende von einer Membran (3) abgeschlossen ist, wobei das von hydroelektrischem Wandler (1), Schlauch (2) und Membran (3) gebildete Hohlvolumen mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, und die Membran an das Trommelfell, ein Gehörknöchelchen oder die runde Fenstermembran zum Empfangen von Nutzschall ankoppelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das von hydroelektrischem Wandler (1), Schlauch (2) und Membran (3) gebildete Hohlvolumen mit einer Flüssigkeit so gefüllt ist, daß die Membran prall ausgebaucht ist.
2. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die prall ausgebauchte Membran (3) eine vom Schlauchende zur Spitze (4) abnehmende Dicke aufweist, so daß der Bereich der Spitze (4) sich dem Gehörknöchelchen (7) anpaßt und Schwingungen auf die Flüssigkeit im Schlauch (2) übertragen werden.
3. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die pralle Ausbauchung der Membran (3) in beliebiger Richtung zum Schlauchende (2) erfolgen kann.
4. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (3) aus einem Polymer, vorzugsweise Silikon besteht.
5. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit so beschaffen ist, daß diese einen geringfügig höheren osmotischen Druck gegenüber des umliegenden Gewebes oder der wasserdampfgesättigten Luft in der Paukenhöhle erzeugt, so daß sich ein Druckgradient von der Umgebung zur Flüssigkeit einstellt.
6. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit eine Kochsalzlösung, eine kolloide Flüssigkeit oder eine andere niedrigviskose, biokompatible Flüssigkeit ist.
7. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlung der hydroakustischen Wellen in elektrische Signale durch eine ein Hohlvolumen ausweisende Piezokeramik, vorzugsweise in Zylinderform, erfolgt.
8. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet,

daß der Wandler, reziprok betrieben, elektrische Signale in hydroakustische Wellen umwandelt und diese durch Ankopplung an die Gehörknöchelchenkette oder an das runde Fenster (8) der Cochlea überträgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

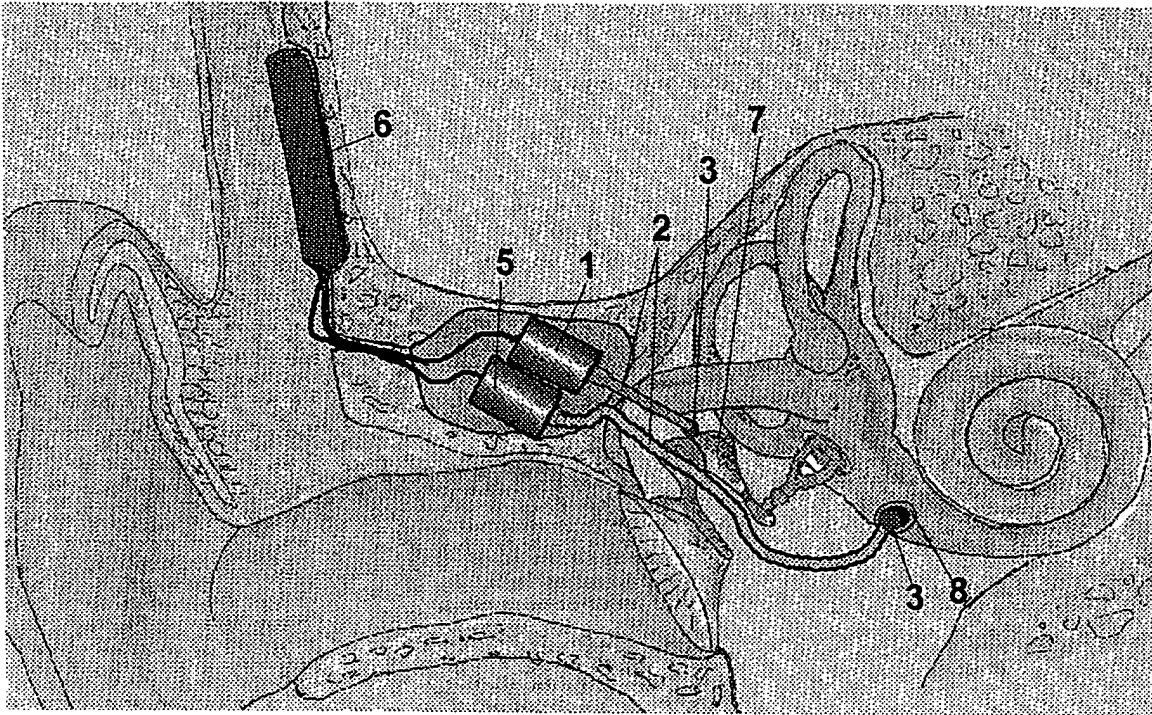
50

55

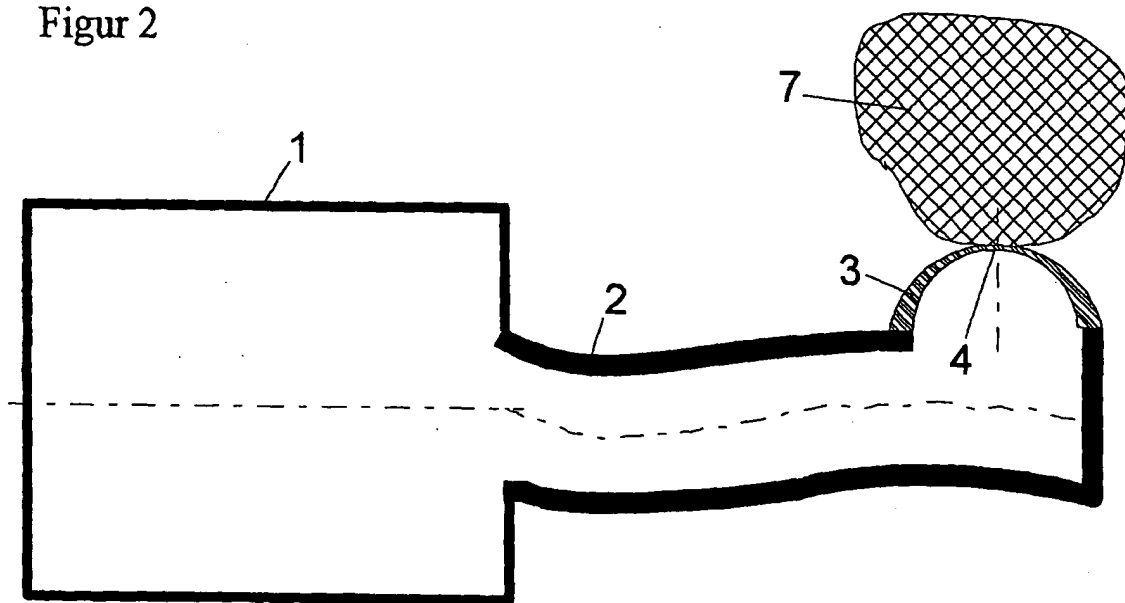
60

65

Figur 1



Figur 2



Figur 3

